

– *Alarm*

*Wenn der Isolationswiderstand auf unter  $100 \Omega/V$  fällt, sollte dem Anwender ein optisches und/oder akustisches Warnsignal ausgegeben werden. Der Ladekreis sollte daraufhin innerhalb von 10 s abgeschaltet werden.“*

## 2.3 Im Systemverbund/Ladebetrieb

Grundsätzlich gilt, dass durch die korrekte Anwendung der existierenden Produkt- und Installationsstandards eine sichere und interoperable Errichtung sowie ein sicherer und interoperabler Betrieb von Ladeinfrastruktur möglich sind.

Konkrete Ausführungen solcher – aus Sicht der Autoren dieses Buchs hinsichtlich des Schutzes gegen elektrischen Schlag sicherer Systeme – werden im Folgenden Kapitel beschrieben.

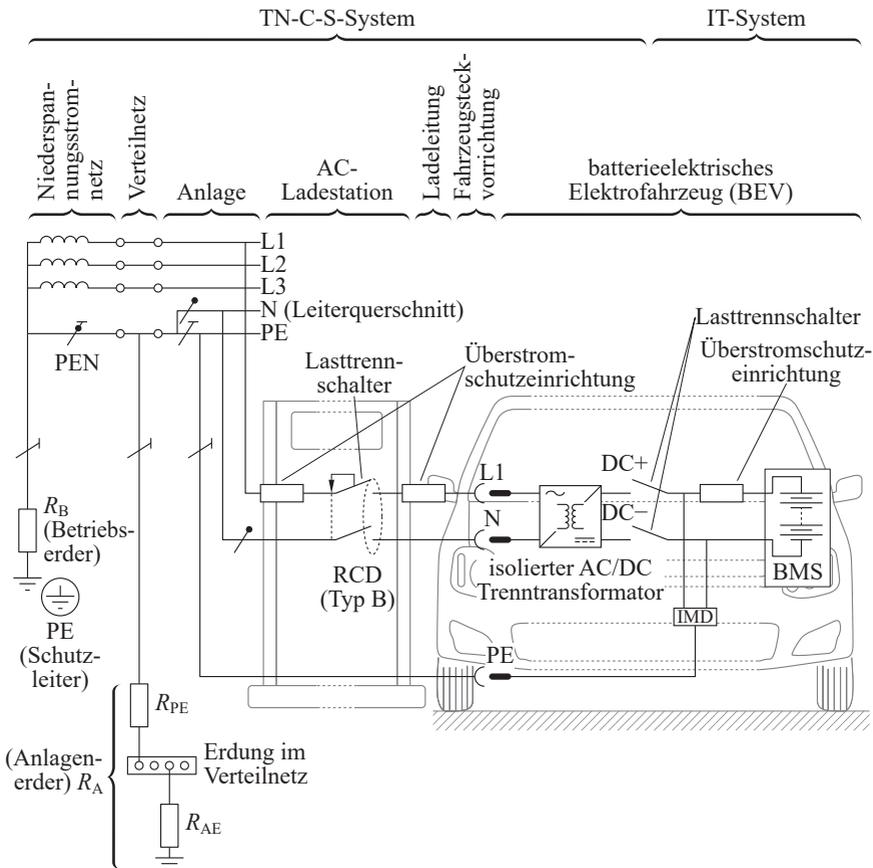
### 2.3.1 AC-Ladeverbund (Mode 3)

Grundsätzlich zeichnet sich das AC-Laden entsprechend Kapitel 1.3.3 durch die im Fahrzeug installierte Ladeeinrichtung aus. Genauer findet gemäß **Bild 2.1** im „Onboard-Charger“ eine galvanische Trennung statt, wodurch im Ladeverbund die Schutztechniken der Netzformen TN-C-S und IT zu koordinieren sind.

Entsprechend Bild 2.1 verbleibt das Hochvolt-Bordnetz während des Ladevorgangs im IT-System, womit das fahrzeugseitige IMD den Ladeprozess ab der galvanischen Trennung überwacht.

Bei Isolationsfehlern, die zwischen dem Versorgungsnetz und dem „Onboard-Charger“ auftreten können, schaltet eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) rechtzeitig vor dem Eintreten gefährlicher Körperströme die Stromversorgung ab. Wichtig ist, dass die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung in der Lage ist, Gleichstromfehler zu erkennen, die durch Isolationsfehler am HV-Bordnetz auftreten können.

Aus Sicht der Autoren bietet ein nach den aktuellen IEC- und ISO-Normen beschriebener Ladeverbund den erforderlichen Schutz gegen elektrischen Schlag. Zur Aufrechterhaltung des hohen Schutzniveaus sollte zukünftig lediglich eine permanente Überwachung der Niederohmigkeit des Schutzleiters als verpflichtende Anforderung aufgenommen werden.



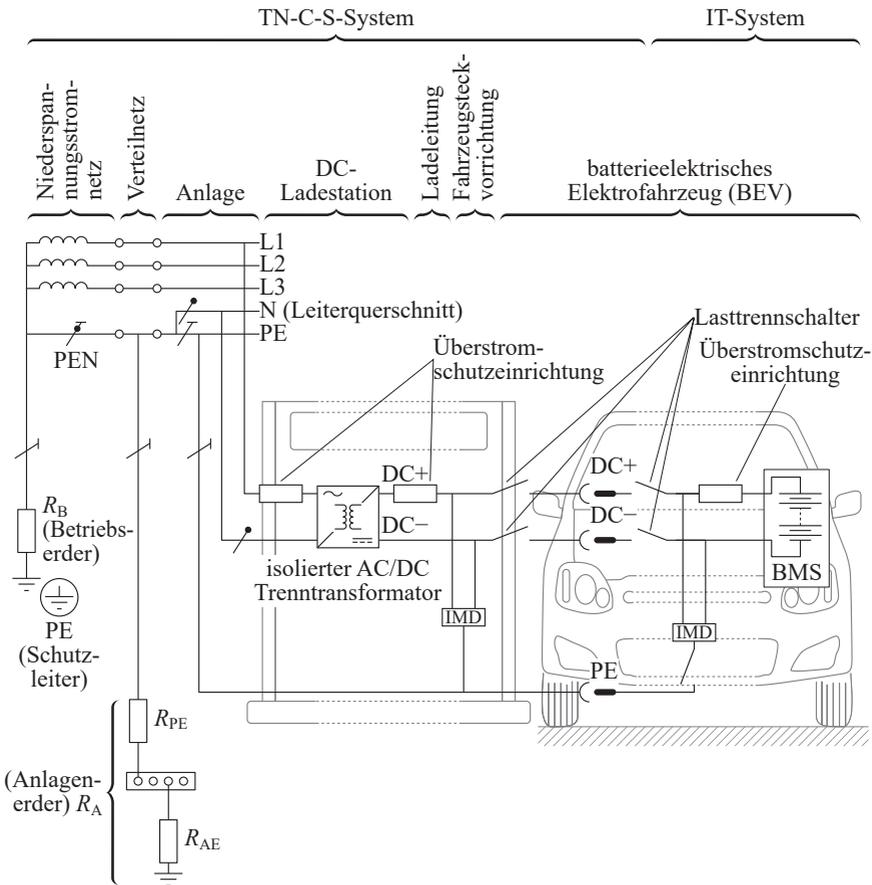
**Bild 2.1** AC-Ladeverbund (Mode 3)

### 2.3.2 DC-Ladeverbund (Mode 4)

Im Falle des DC-Ladens (Mode 4) findet gemäß Kapitel 1.3.3 dieses Buchs die galvanische Trennung innerhalb der Ladestation statt. Hierbei ist insbesondere die in DIN EN 61851-23 (**VDE 0122-2-3**) beschriebene Anforderung zu beachten, nach der das in der Ladestation verbaute IMD den Ladevorgang überwacht und das im Fahrzeug verbaute IMD rechtzeitig abgeschaltet werden muss um Fehlmessungen zu vermeiden.

Die stationsseitige Überwachung bietet vor allem hinsichtlich der Verfügbarkeit der Ladeeinrichtung entscheidende Vorteile. Grundsätzlich ist das fahrzeugseitige IMD für die Überwachung im Fahrbetrieb optimiert, für den – verglichen mit dem Ladeverbund – sehr unterschiedliche Ansprechwerte vorliegen.

In jedem Fall ist bei der Errichtung darauf zu achten, dass die in **Bild 2.2** dargestellten IMDs der DIN EN 61557-8 (**VDE 0413-8**) entsprechen und nach DIN VDE 0100-530 an der speisenden Einrichtung installiert werden.



**Bild 2.2** DC-Ladeverbund (Mode 4)

Durch das IT-System können auch im Ladebetrieb, vergleichbar mit dem Fahrbetrieb, permanent die Isolationswiderstände des DC-Ladeverbunds überwacht und je nach Isolationswert entsprechende Maßnahmen, wie z. B. eine Wartung, eingeleitet werden.

Weiterhin gilt, dass durch die nach DIN EN 61851-23 (**VDE 0122-2-3**) geforderte Abschaltung nach dem Erstfehler noch keine gefährlichen Körperströme fließen.

Entsprechend des AC-Ladens sind aus Sicht der Autoren alle zuvor genannten Anforderungen in den aktuellen IEC- und ISO-Normen beschrieben. Das heißt, grundsätzlich bietet ein normkonform errichteter DC-Ladeverbund den erforderlichen Schutz gegen elektrischen Schlag. Zur Aufrechterhaltung des hohen Schutzniveaus sollte jedoch auch beim DC-Laden zukünftig die permanente Überwachung des Schutzleiters verpflichtend gefordert werden.

Abschließend ist sowohl für den AC- als auch für den DC-Ladeverbund auf die gemäß DIN VDE 0100-410 geforderte Erkennung von symmetrischen Fehlern hinzuweisen. Aufgrund der symmetrischen Strukturen, die z. B. in jeder Lithium-Ionen-Batterie vorliegen, muss mit dem Auftreten dieser Fehler gerechnet werden, die nicht durch alle IMDs detektiert werden können.

### 3 Zusammenfassung und Ausblick

Obwohl mit dem Lohner-Porsche bereits im Jahre 1900 der Öffentlichkeit auf der Pariser Weltausstellung ein batterieelektrisch betriebener Personenkraftwagen präsentiert wurde, ist die Geschichte der Elektromobilität doch eher recht jung.

Dennoch stehen heute bereits eine Vielzahl von Standards und Normen zum sicheren Aufbau eines elektrischen Ladeverbunds zur Verfügung.

Aufgrund des rasanten technischen Fortschrittes ist eine ständige Anpassung der relevanten Produktnormen erforderlich, weshalb sich die meisten Normen bereits wieder in der Überarbeitung befinden.

Obwohl viele Grundlagen aus der allgemeinen Elektrotechnik und insbesondere aus dem Bereich der Photovoltaik übernommen werden konnten, birgt z. B. das DC-Hochvolt-Bordnetz nach wie vor Herausforderungen.

Einen großen Einfluss haben dabei die stetig steigenden Ströme und Spannungen. Zwar bewegen sich heutige HV-Bordnetze mit Ihren Spannungen noch ein ganzes Stück unterhalb der Obergrenze der Niederspannung von DC 1 500 V.

Die Anforderungen werden derzeit präzisiert und zwischen den technischen Experten der Fahrzeug- (ISO) und Infrastrukturindustrie (IEC) abgestimmt.

Eine weitere große Herausforderung für die Zukunft ist die Rückspeisefähigkeit, die auch als bidirektionales Laden bezeichnet wird. Es mehren sich Hinweise, dass diese Betriebsart, z. B. durch eine mögliche Entlastung der Netze, zukünftig von größerer Bedeutung sein wird. Dies setzt jedoch zahlreiche Maßnahmen, sowohl auf der Kommunikationsebene als auch im Bereich der elektrischen Sicherheit voraus.

Allgemein ist zu beobachten, dass die Systeme im Niederspannungsbereich zunehmend komplexer werden und die klassischen Produktgrenzen verschwimmen. Manche Thematik im Bereich der elektrischen Sicherheit erschließt sich erst auf Systemebene, was auch für die Normung im Anwendungsbereich der Elektromobilität eine große Herausforderung darstellt.

In Anbetracht dieser Aussichten wünschen sich die Autoren, dass das Interesse an den Grundlagen der elektrischen Sicherheit nicht verloren geht und sich auch zukünftig eine junge Generation von Experten findet, die sich ihrerseits in die oftmals zeitaufwendige, konsensorientierte Normung einbringt. Die im Vergleich zum allgemeinen Straßenverkehr sehr geringe Anzahl an ernsthaften Unfällen zeigt, wie hoch das elektrische Schutzniveau mittlerweile ist. Diesen Stand gilt es auch bei der zu erwartenden Zunahme von Ladevorgängen zu halten und wenn möglich weiter zu verbessern.